

フェノロジー

プロトコル (02/06/01darft protocols-1)

フェノロジー (生物季節学)

はじめに

なぜフェノロジーを学ぶのか

年ごとに、植物の生長条件が良くなると緑の波は大地の表面を被い、生長条件が悪くなると後退する。この緑の波は、地球の炭素固定と大気中の二酸化炭素 (CO_2) の量に直接関係するので、とても重要である。植物の生育開始から停止（老化）までの間は生育期間として知られており、生育期間の長さの変化は地球の気候変化の指標になるかもしれない。たとえば、ある科学者たちは、1980年代の初期から生育期間が北半球では8日増加していることを、最近発見した。しかしながら、彼らの結論は、それが人工衛星のデータに基づいていたのみなので、論議を引き起こしている。植物の生育開始／停止についての地上での観察はこのような人工衛星による推測を確認するために必要である。

なぜフェノロジーの観測を行うのか

人工衛星からのリモートセンシングに基づく推定は、大小の雲による干渉、大気のかすみ、および人工衛星が検出する緑被率に影響するその他大気の性質などによって変動する。高緯度地方における低い太陽の位置角度、季節とともに太陽の位置の変化、不十分な観測幾何、および人工衛星の観測機器の老朽化などの問題は同様に科学者の緑化推定に影響を与えていている。GLOBE生徒の観測は、地上で植物季節を観測する唯一の地球ネットワークである。この観測は科学者たちが人工衛星データを用いて行っている地球の生育期間変化の推測を確認することに役立つ。

大きな絵

フェノロジーとは生物環境における季節的、気候的変化に対する生物の反応についての研究分野である。季節的変化は、日長あるいは太陽光がそぞろ時間、降雨量、気温およびその他の生命を制御する要因における各種の変化を含んでいる。この研究の焦点は植物の生育開始と停止の期間における植物フェノロジーである。植物の生育期間は一般的には生育開始から停止までの期間に対応している。生育開始／停止は、地域的と地球的植生パターン、年毎の傾向、および気候変化に対する植生の反応を検討するために用いることができる。

植物の生育は環境条件によって休眠が打破された時に始まる。休眠とは生長と代謝が一時停止した状態をいう。これらの環境条件とは温帯地方においては長日と高温、砂漠および半乾燥地域においては降雨と涼しい気温である。植物が生育を始めると、葉中の葉緑素は光合成のために日光を吸収する。光合成は大気中の二酸化炭素を固定し、植物組織を形成するために炭素原子を用いる。二酸化炭素は温室効果ガスであり、最近の数十年に着実に増加してきており、地球温暖化を促進しているようである。大気中の二酸化炭素のコンピュータモデルを補強するために、科学者たちは（光合成が日中活発に行われている）地球緑化の時期と期間についての情報を蓄積する必要がある。植物の生育期間の長さが地球上のある地域で劇的に増加していると思われる所以、このことは特に重要である。生育期間の長さをモニターすることは気候変動を見つけ出し、炭素循環を理解するために重要である。炭素循環は「はじめに」で論じた主要な生物地球化学循環の一つである。

植物は光合成する一方で、土壤から吸収した水を根と茎を通して、葉から外へと蒸散している。このことは気温、湿度および土壤水分に影響を与えており、植物の生育が停止する時には、植物の水の蒸散は減少する。落葉植物にとっての冬季間、砂漠植物にとって乾燥期間など、植物は水供給が大きく制限される時に水の損失を減らす。それゆえ、生育の開始／停止の時期を知ることは地球の水循環を理解するために重要である。科学者たちは人工衛星からの緑化推定を、野火の危険を地図上に示すためにも用いている。濃い緑化地帯は野火の危険度が低いことを示し、薄い地帯は危険度が高いことを示す。カリブーのような動物の移動を研究している科学者たちは動物集団の移動パターンの理解を助けるために緑化地図を用いている。

ランドカバー（植被）調査で検討したように、健全な緑色植物は可視光よりも多くの近赤外線を反射する。リモートセンシングの科学者たちは緑化指標を引き出すために人工衛星からの可視光と近赤外光の反射推定を用いている。現在では、新しくて、より良い人工衛星データが、1999年12月に打ち上げられたNASAのテラ人工衛星に載せられているMODIS装置（Moderate Resolution Imaging Spectrometer）によって利用できる。この人工衛星は地球環境を研究するために多くの人工衛星と装置を用いる国際協力の一部をしており、しかしながら、科学者たちは、人工衛星システムによって得られる全地球から緑化の推定を確実に補完するために、GLOBE生徒の植物フェノロジー観測を必要としている。

観測の手法

プロトコル	緑化（生育）開始	緑化（生育）停止
どんな手順が用いられるのか	生育開始の日時と葉の生長を観察し報告する	生育停止による色の変化の生じた日時を観察し報告する
どこで使われるのか	植物フェノロジー研究および気温研究場所の近	場所；大気、土壤水分おくが望ましい
いつ使われるのか	週に2回、少なくとも芽吹き開始の2週間前に始めて、葉の伸長が止まるまで	週に2回、生育停止の2週間前、葉色の変化が完全か、葉が落ちるまで
どんな器具が必要か	消えないマーカー、ミリメートルの目盛りをつけた物差、コンパス、カメラ、データシート、植物検索表、計算機（必要に応じて）	消えないマーカー、GLOBE植物カラーガイド、コンパス、カメラ、データシート、植物検索表

植物の生育開始／停止の観測場所の選択

1. 在来植物の生育開始が気温や降雨を増加させるような気候要因となる地域の中に皆さんの植物季節観測場所があるとよい。灌水と施肥は植物の生育開始／停止のサイクルを変える。このデータは自然植生と地域の気候関係を代表していいはない。建物は太陽放射を吸収し、風から保護するので、建物に近い場所、灌水か施肥が行われているところを避ける。フェノロジーのプロトコルのためには、植物が建物の高さよりも建物に近接しないようにしたい。建物が近すぎるかどうかについては、植物の傍らに立ち、クリノメーターで建物の上を見て決定する。もし角度が45度よりも大きければ、建物が近すぎるということである。

2. 在来でない植物、いわゆる外来植物、は地方の気候にたいして密接ではない生育開始／停止サイクルをもっている。おおよそ、このことは外来植物が地域の気候に応じて進化してきたのではないことによる。植物が在来か、あるいはあなた方の地域と同じ気候型で育つように進化してきたかどうか、あなたが確かでないのなら、地方の農家か農業普及所、あるいは地域の大学のふさわしい職員にたずねてほしい。

3. あなた方の生育開始／停止観測場所は、生徒が少なくとも週に2回出かけることができるることを条件とする。量的ランドカバー調査場所あるいは大気研究場所と同じでもよい。GPSプロトコルに従って、緯度、経度、標高を計測して、場所の位置をはっきりさせてほしい。

4. あなた方の生育開始／停止観測の結果が大気調査からの気温と降水量のデータに、および土壌調査からの土壌水分および気温データに関連しているので、大気／土壌水分観測場所の近くに観察場所を選ぶことが望まれる。その地方の地形は近距離においてすら気象の変化を引き起こす。特に山地とか海岸地帯では著しい。あなた方の生育開始／停止観測のデータと大気のデータが相互に関連しているかどうかを見る能够性があるように、フェノロジー、大気および土壌水分観察場所の間の水平距離が2キロメーター以上少なく、標高が100メーター以上少ないことが望まれる。

5. 人工衛星によって観測される生育開始／停止は植生の上層を形成する2、3の植物種によって主に影響される。これらは最も大きな割合で樹冠を被っている種である。もしあなた方が量的ランドカバー調査場所を用いているのなら、あなた方はすでに優占種を知っている。もしこれと異なった場所を用いているのなら、地域の優占種である1から3の上層を被う植物を用いるとよい。これらの上層をなす植物は針葉樹、広葉樹、広葉灌木、あるいはイネ科草本であろう。フェノロジーの観測のためには、落葉樹を選ぶとよい。もし優占植物がすべて常緑針葉樹なら、生育開始観察植物として下層の広葉灌木を用いるとよい。たとえば、もしあなた方の観測場所が90パーセントのホワイトパイン（針葉樹）で10パーセントのトウカエデ（広葉樹）で占められているのなら、観測用植物としてはトウカエデを用いよう。

6. 植物の生育開始プロトコルのために用いる樹木や灌木の枝は生育停止観察のために用いるものと同じであれば、科学的には最も役に立つ。しかしながら、あなた方は生育開始／停止観測だけをすることもできるし、違った枝や、教育的な必要性に合わせるのなら、違った観測場所でもかまわない。もし、生育開始／停止観測のために違った場所を用いるのなら、それについて場所の定義をしてほしい。

7. 植物の生長期間における変化は気候変化の結果であるので、生徒の皆さんには同じ観測場所で同じ種を毎年一貫して用いてほしい。

樹木と灌木の生育開始／停止観測場所の選定

野外ガイド

作業：樹木と灌木の生育開始／停止観測場所を決める

必要なもの：

- 生育開始／停止観測場所確認シート 鉛筆かペン
- コンパス 荷札テープまたは他の永続性のある標
- 二分検索表（分類用）か、または他の地方種ガイド
- G P S 受信機 G P S データシート
- G P S プロトコル・野外ガイド

野外にて：

1. 生育開始／停止観測場所確認シートの上欄に記入する。
2. 1つの樹木か灌木を選ぶ。これらは落葉し、簡単に近づけるところにある、地域の優占種から選ぶ。
3. 北半球では植物の南側にある、南半球ではその北側にある健康で比較的大きな枝を選ぶ。方角を測定するにはコンパスかG P S 受信機を使う。もし、低い位置の枝を選ぶのなら、株の中側の枝は陰になるために異なった微気象に曝されるかもしれない、樹木や灌木の株の端にあるものを選ぶ。
4. 野外ガイドを用いるか植物の専門家の援助で属と種名を同定する。生育開始／停止観測場所確認シートに属と種名を記録する。
5. 荷札テープか他の丈夫な標で枝を確認できるようにする。この荷札テープに特定の番号、あなた方／グループの名前、学校名かクラスを書き込む。
6. G P S プロトコルにしたがってG P S 観測を行う。

イネ科草本の生育開始／停止観測場所の選定

野外ガイド

作業：

草本植物の生育開始／停止観測のための場所を確定する。

必要なもの：

- 生育開始／停止観測場所確認シート
- 鉛筆かペン G P S 受信機 G P S データシート
- G P S プロトコル・野外ガイド くぎ、棒、あるいは他の丈夫な標
- 物差または巻尺 二分検索表または他の地方種ガイド

野外にて：

1. 生育開始／停止観測場所確認シートの上欄に記入する。
2. 野外ガイドを用いるか植物の専門家の援助で属と種名を同定する。生育開

フェノロジー

始／停止観測場所確認シートに属と種名を記録する。

3. 草本植物が優占しているところで、1平方メーター定置枠を選定する。くぎ、棒、あるいは他の丈夫な標で1平方メーター定置枠を設定する。

4. G P S プロトコルにしたがってG P S 観測を行う。

生育開始観測プロトコル

目的

植物の生育開始を観察し、植物の生育期の始まりに関する人工衛星による推定を確認するために、科学者によって用いられるデータを報告すること。

生徒の提出物

生徒たちは重要概念を学習し、植物種間で生育開始のパターンの差異を理解するための技能を習得する。

概要

生徒たちは選定した樹木、灌木、草本植物の芽吹きと葉の生長を継続して観測する。選定した種はその地域において在来で、落葉性、優占植物であることが望ましい。

時間

野外での必要な時間；観測場所に行くまでの時間を除いて20分。

レベル

全部

頻度

もし可能なら、生育開始が予想される2週間前に始めて、少なくとも1週間に2回行う。

重要な概念

生育開始は植物種によって異なる。

生育開始は場所によって異なる。

生育開始は気候に関係している。

生育開始はその生长期間の光合成の始まりとなる。

技能

- 優占植物種を推定すること。
- 植物種を同定（応用レベル）すること。
- 葉の生長を観察すること。
- 葉の計測すること。
- 葉の計測データを記録すること。
- 百分率を計算すること。

材料と道具

mmが計れる物差、荷札テープ（各生徒1）、鉛筆かペン、生育開始観測データシート、生育開始観測野外ガイド／樹木・灌木生育開始観測野外ガイド、二分検索表または他の地方種ガイド、コンパス、カメラ、計算機（必要なら）

準備

学校のGLOBE研究場所の優占植物種を調べておく。

事前に必要なこと

- 生育開始観測カードの学習活動。
- 芽吹き近くの事前観察学習活動。
- 物差でmm長を計測する練習。
- 観測地における一般的な植物種についての知識。

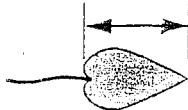
教師用参考資料

役に立つヒント

1. 生徒たちは、芽吹きか生育開始前に、生育開始観察カードと事前観察学習活動を実施しておく。
2. 観測を始める時期を決めるのに、平均的な生育開始日が役立つように地域の観測資料を調べる。雪が降るところでは、雪が溶けたらすぐに観測を始める。研究対象植物が生育開始をしていない場合は、生徒たちは生育開始観測シートの事前生育開始観察の欄に観察日を記入すること。
3. 時には、生育開始は学年末が過ぎてからやってくることもある。科学的に有効であるためには、葉が成熟するまで観測を続ける必要がある。両親や地域住民の協力を得ることができれば、学年が終わっても観測し続けるように生徒たちを励まし、援助することになる。
4. 生育開始観測に関する、葉の長さとは基部から先端までである。葉の長さを測るときには、葉の茎あるいは葉柄を含めない。

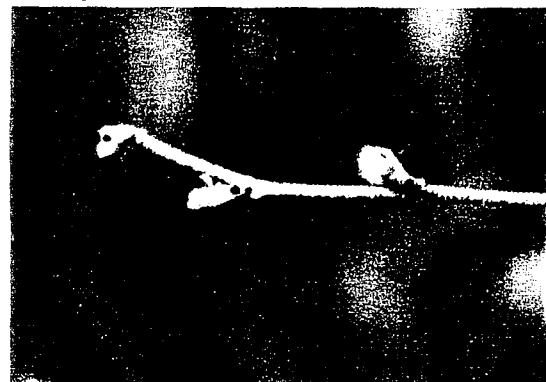
図 EA-P-1：葉柄を除いて計測した葉の長さ（葉身長）

Figure EA-P-1: Leaf Length Measured without Petiole



5. 実際、それぞれの生徒は、生育開始を確認し、葉が展開するまで観察を継続するために、各自の植物を少なくとも週に2回訪ねること。樹木や灌木にとって、生育開始は観察するために選んだ4つの芽のうち1つが膨れ上がる時に起こる。あなた方は芽から出てくる小さな緑色の葉を見ることができる。あなたが観察する芽のあるものは完全に同じ日に生育開始しないかもしれない。草本植物にたいして、生育開始はいずれかの緑芽が最初に観察された時とする。草本植物の萌芽の図は生育開始観察カード学習活動の項を参照のこと。

図 EA-P-2：永続的な標をつけた観察芽。Figure EA-P-2: Sample Buds Marked with Permanent Markings



6. 世界の大抵の場所では、独自の生育開始／停止サイクルがある。しかし、何回かの乾季・湿潤季が同年内にあるような地域もあり、結果として何回かの生育開始／停止サイクルがある場合もある。この可能性ゆえに、生徒の皆さんに観察しているサイクルの回数について報告を求めているのである。もしたった1つのサイクルしかないのなら、生育サイクルは1と報告する。1月1日以降の最初の生育開始がサイクル1と考えられる。

7. 生育開始観測のために2つのデータシート、イネ科草本植物用と樹木・灌木用がある。個別の樹木と灌木の葉について、生徒たちは休眠から成熟まで葉の状態を報告する。もし芽に変化がなく、冬季または乾季の間に休眠状態にあるのなら「休眠」と報告する。もし芽が大きくなりつつあるのなら「膨らむ」と報告する。芽が最初に開き、緑の葉の端が見えたときを「芽吹き」と報告する。芽吹きの後、生徒たちは個々の葉の長さを計測し、mmでその長さを報告する。ある季節の間に、葉がなくなったら、「失う」と報告する。

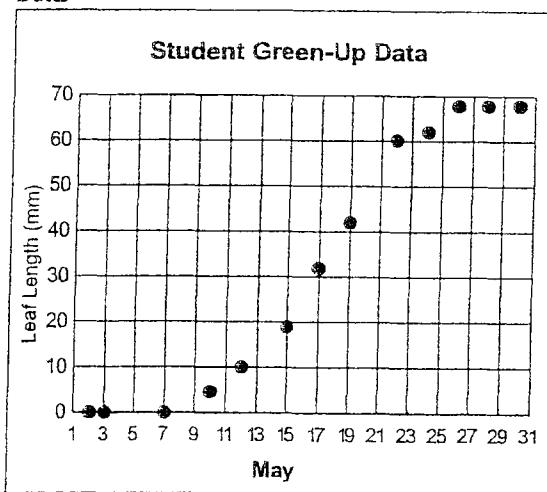
草本植物に対しては、葉が出る前は「萌芽なし」、芽が現れたらmmの長さで、標をつけた葉に何かが起こり、傷つくなどした場合は「失う」と報告する。

ここに完成した樹木と灌木の生育開始観測データシート、および草本植物生育観察データシートを参考に示しておく。

8. 個々の生育開始の観測後、生徒たちは日時（yあるいは縦軸に）と葉の長さ（xあるいは横軸に）をグラフにする。生育開始の観察は葉の長さが伸長を停止した日時に完了する（引き続く2回の観察において、葉の長さが同じで、グラフが平坦に達すること）。

図EA-P-3：異なった日時における葉長のグラフ

Figure EA-P-3: Sample Graph of Leaf Length on Different Dates



葉の生長が完了した後、生徒は個別の観察日における葉の生長の百分率を計算する。たとえば、観察時に葉の長さが10mm伸びていて、成熟した葉長が200mmとしたら、全葉に対する生長率は $10\text{ mm} / 200\text{ mm} \times 100 = 5\%$ である。葉の生長率を計算することによって、生徒たちは成熟時に異なった長さをもつ葉を比較することが出来る。このことはデータの標準化と呼ばれている。

樹木と灌木の生育開始観測データシート

月日（日／月）	第1葉（休眠、膨らむ、芽吹き、長さ（mm）、失う）	第2葉（休眠、膨らむ、芽吹き、長さ（mm）、失う）	第3葉（休眠、膨らむ、芽吹き、長さ（mm）、失う）	第4葉（休眠、膨らむ、芽吹き、長さ（mm）、失う）	GLOBEへの報告
3 March	Dormant	Dormant	Dormant	Dormant	<input type="checkbox"/>
6 March	Dormant	Dormant	Dormant	Dormant	<input type="checkbox"/>
11 March	Swelling	Swelling	Swelling	Dormant	<input type="checkbox"/>
14 March	Budburst	Budburst	Swelling	Swelling	<input type="checkbox"/>
18 March	2	4	Budburst	Budburst	<input type="checkbox"/>
22 March	6	10	5	6	<input type="checkbox"/>
25 March	12	15	10	12	<input type="checkbox"/>
29 March	20	22	18	19	<input type="checkbox"/>
2 April	30	32	25	28	<input type="checkbox"/>
5 April	38	Lost	36	38	<input type="checkbox"/>
8 April	45		42	44	<input type="checkbox"/>
11 April	45		44	44	<input type="checkbox"/>
14 April	45		44	44	<input type="checkbox"/>
					<input type="checkbox"/>

イネ科草本生育開始観測データシート

日時（日／月）	第1葉（萌芽なし、長さ（mm）、失う）	第2葉（萌芽なし、長さ（mm）、失う）	第3葉（萌芽なし、長さ（mm）、失う）	第4葉（萌芽なし、長さ（mm）、失う）	GLOBEへの報告
10 April	No shoot	No shoot	No shoot	No shoot	<input type="checkbox"/>
13 April	2	3	No shoot	No shoot	<input type="checkbox"/>
17 April	8	10	5	6	<input type="checkbox"/>
20 April	18	20	15	18	<input type="checkbox"/>
24 April	29	27	Lost	30	<input type="checkbox"/>
27 April	36	35		40	<input type="checkbox"/>
1 May	48	50		55	<input type="checkbox"/>
4 May	58	50		55	<input type="checkbox"/>
8 May	58	50		55	<input type="checkbox"/>
					<input type="checkbox"/>

観察結果をGLOBEの報告したら、生育開始観察データシートの最後の欄に
印をつける。

生徒用参考資料

科学的根拠

二酸化炭素は地球大気中の重要な温室効果ガスである。

大気中の二酸化炭素のパターンは地球の植物生育開始のパターンに密接に関連している。大気中の二酸化炭素は植物の生長期間（植物が光合成をしている時）には減少し、植物が光合成をしていない時には増加する。

人工衛星のセンサーで検出される緑被率は科学者にとって地球の二酸化炭素変化を研究するために重要である。緑被率は野火の危険性を地図化するのにも、カリブーや水鳥のような野生生物の移動を研究するためにも重要である。

人工衛星だけが地球全体で植物が生育開始時の推定を科学者に提供する。これらの推定は多くの問題点を持っている。たとえば、ある人工衛星のデータは、雲とエーロゾルが人工衛星のセンサーによって検出される緑被率を減少させるので正確でないことがある。科学者が植物の生長しているところとまだ生育開始していないところを、地球全体を駆けめぐって週に2回観察することは膨大な時間と費用がかかるだろう。GLOBE学校はすでに世界中にたくさんあり、生徒の皆さんには芽吹きや生育開始の簡単な観察データを報告することができ、科学者のために大きな協力をすることができる。

総合的な問題

あなた方の地域において、GLOBE学校に報告された気温と芽吹きとの間に何らかの関係があるのだろうか。

植物の生育開始は土壤水分にどのように影響するのだろうか。

植物が生育を始めた後にどんな他の動物（チョウ、水鳥、鳴鳥）がやってくるのか、それはいつか、なぜか。

あなたの地域の小高いところで生育開始はより早く起こるのか遅いのか、それはなぜか。

あなたの地域の内陸部または海岸に近いところで生育開始はより早く起こるのか遅いのか、それはなぜか。

樹木と灌木の生育開始観測プロトコル

野外ガイド

作業：

樹木と灌木の生育開始を観察し記録する。

必要なもの：

第1回目にのみ必要

- | | |
|---------------------------------------|--------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 生育開始観察データシート | <input type="checkbox"/> 鉛筆かペン |
| <input type="checkbox"/> m m 単位の物差 | <input type="checkbox"/> 先細の消えないマーカー |
| <input type="checkbox"/> コンパス | <input type="checkbox"/> カメラ |

いつも必要

- | | |
|---------------------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 生育開始観察データシート | <input type="checkbox"/> 鉛筆かペン |
| <input type="checkbox"/> m m 単位の物差 | |

野外にて：

最初のみ必要

1. あなたのデータシートの上欄を記入する。
2. 選択した樹木と灌木について、枝の先端の芽を確認する。この芽の横の枝上に1小点をマークしてこの芽を標識する。
3. この芽に最も近い他の3芽の位置を確認する。これらの芽の横に2、3、4の小点をマークしてこれらの芽を標識する。
4. 観察場所の中央から東西南北の方向を見た写真をとる。

いつも必要

1. それぞれの芽を調査する。
 - ・芽が変化しないなら「休眠」と記録する。
 - ・芽が大きくなり始めたら「膨らむ」と記録する。
 - ・あなたが葉の緑の端を見た最初の日を「芽吹き」と報告する。
 - ・芽に何かが起こり、観察を継続できなくなったら「失う」と記録する。
2. それぞれの芽吹きの後に、何枚かの葉の長さを物差で計測する。計測では葉の茎あるいは葉柄を含めない。
3. 葉の長さが伸長を止めるまで葉の計測を続ける。それぞれの葉は異なった日時に生長を止めるかもしれない。

イネ科草本植物の生育開始観察プロトコル

野外ガイド

作業：

草本植物の生育開始を観察し記録する。

必要なもの：

第1回目にのみ必要

- 生育開始データシート 鉛筆かペン mm単位の物差
 先細の消えないマーカー カメラ コンパス

いつも必要

- 生育開始データシート 鉛筆かペン mm単位の物差
 先細の消えないマーカー (草本の4つの新しい芽が標識できるもの)

野外にて：

最初にだけ必要

1. あなたのデータシートの上欄を記入する。
2. 新しい草本の芽が出る前に、東西南北方向の写真をとる。

いつも必要

1. 新しく生育する草本の芽を探す。
2. 草本の第1芽の基部に1点を標す。
3. 第2芽、第3芽、第4芽に順次、2、3、4点を標す。
4. 最も近いmmで芽の長さを物差で計る。
5. 葉の長さが伸長を止めるまで葉を計測する。

頻繁に回答した質問

1. マーカーは芽を傷つけないか。

芽そのものに標をつけてはいけない。芽の横の木本性枝に標をつけること。
この方法なら植物を傷つけないだろう。

2. どのような意味で比較的大きな枝でというのか。

あなたの判断でよい。樹木または灌木の枝は相対的に健全で大きいことが望ましい。翌年までそのままあると思われる枝が必要である。標識して計測している間は、枝に損傷を与えないように注意する。

3. もし研究中に枝が壊れたらどうするか。

他の学生たちと組んで、彼らの枝を観察し、観測を続行すること。

4. 全ての芽が同じ日時に膨らみ始めるのだろうか。

いいえ。あなたが観察している枝のある芽は、末端の芽で厳密に同じ日時に生育開始をしないかもしれない。

5. 毎年同じ芽を観察すべきであろうか。

あなた方は同じ枝を観察すべきで、その枝は年毎に新しい末端の芽を作るだろう。

6. もし針葉樹が豊富な植生であったらどうしたらよいのか。

一通常は、代わりに用いることができる下層の落葉灌木が生えている。たとえば、ダグラスモミの中にはスノーベリー、ポンデローザマツの中にはガメルガシが生えている。典型的には、このような落葉植物も人工衛星によって生育開始を検知することができる。針葉樹の生育開始は神秘的な過程で、容易に観察できない。GLOBEの芽吹きの特別観測が針葉樹で実施されるかもしれないことに注意しておいてほしい。

7. 芽吹きの後に1つの芽から多くの葉が出てきたらどうするのか。

葉の1つを選び、消えないマーカーで標をつける。標をつけた葉を観測する。

8. 草本植物の芽が同じ日に生育を始めたら、どのように標をつけるのか。

最も早くに現れた4つの長い芽の基部に標をつける。

9. 最初の日に4つ以上の芽を見た場合、どうしたらよいのか。どのようにして研究のための芽を選ぶのか。

最初の日に現れた4つの最も長い芽の基部に標をつける。

10. 葉を計測するのにどれほどの日時がかかるのか。

それは状況による。アラスカにおいては、生長開始中の18時間日長では1週間かかるだろう。他の場所では、1月以上かかるかもしれない。

11. もし観測場所の写真をとりに行く最初の時に草本の芽があったならどうしたらよいのか。

この日に存在する4つの最も長い芽の基部に標をつける。

生育停止観測プロトコル

目的

植物の生育停止を観察し、植物生育期の終りに関する推定を確認するために生育停止データを報告すること。

生徒の提出物

生徒たちは重要概念を学習し、植物種間で生育停止パターンの差異を理解するための技能を習得する。

概要

生徒たちは選定した樹木、灌木、草本植物の葉色の変化を継続して観察する。

時間

観測場所に行くまでの時間を除いて 30 分。

レベル

全部

頻度

生長停止が予想される 2 週間前に始めて、少なくとも 1 週間に 2 回、植物の葉色の変化が終り、葉が落ちるまで続けること。

重要な概念

生育停止は植物種によって異なる。

生育停止は場所によって異なる。

生育停止は気候に関係している。

生育停止はその生長期間の終り、光合成の休止となる。

技能

植物生育期の終りの様子を確認すること。

季節的な葉の変化を観察すること。

データを記録すること。

植物種を同定すること（応用レベル）。

優占する葉の色を推定すること。

材料と道具

荷札テープ（各生徒 1）、コンパス、カメラ、鉛筆、GLOBE 植物カラーガイド、生育停止観測データシート、先細で消えないマーカー

フェノロジー

準備

学校のGLOBE研究場所の優占植物種を調べておく。

事前に必要なこと

雲量を概算すること：(大気の研究から) 模擬実験。

教師用参考資料

有用なヒント

- もし低い位置の枝を観察するのなら、株の中の枝は陰によって異なった微気象に影響されるので、樹木や灌木の株端から枝を選ぶようにする。
- 生徒たちは雲量概算の欄に記入する。大気研究における模擬実験学習活動は生育停止観測より前にする。生徒たちは生育停止観測において葉色の百分率を概算する。
- 生徒は生育が停止すると思われる少なくとも2週間前に観察を始めるのがよい。
- どこかの場所では、葉色変化の終りが最終報告となる。
- 世界のたいがいの場所では、たった1回だけの生育開始／停止サイクルがある。しかし、同年内に何度か乾季・湿潤季がある場所もあり、結果として何度か生育開始／停止サイクルが起こる。このような可能性のために、皆さんのが観察しているサイクル数について報告を求めているのである。もしたった1回だけのサイクルであったら、生育停止サイクル1と報告する。1月1日以降に第1回目の生育停止があれば、生育停止サイクル1と考えられる。
- 個別の観察で、生徒はGLOBE植物カラーガイドを用いて葉色を記録する。もし葉が落ちたら、その葉についての観察はもうしなくてよい。降雪によっても、観察と報告は終わる。完全に記入したデータシートの事例をここに示す。

樹木、灌木および草本植物生育停止観測データシート

月日(日／月)	第1葉 (色、落葉、被雪)	第2葉 (色、落葉、被雪)	第3葉 (色、落葉、被雪)	第4葉 (色、落葉、被雪)	GLOBEへの報告
—					
30 September	5G7/4	5G7/4	5G7/4	5G7/4	<input type="checkbox"/>
3 October	5G7/4	5G7/4	5G7/4	2.5Y8/6	<input type="checkbox"/>
7 October	5G7/4	2.5Y8/6	5G7/4	2.5Y8/6	<input type="checkbox"/>
11 October	5G7/4	2.5Y8/6	2.5Y8/6	2.5Y8/6	<input type="checkbox"/>
14 October	5G7/4	2.5Y8/6	2.5Y8/6	2.5Y8/6	<input type="checkbox"/>
16 October	2.5Y8/6	2.5Y8/6	2.5Y8/6	2.5Y8/6	<input type="checkbox"/>
20 October	2.5Y8/6	2.5Y8/6	2.5Y8/6	7.5YR6/4	<input type="checkbox"/>
23 October	2.5Y8/6	2.5Y8/6	2.5Y8/6	7.5YR6/4	<input type="checkbox"/>
27 October	2.5Y8/6	2.5Y8/6	2.5Y8/6	7.5YR6/4	<input type="checkbox"/>
30 October	2.5Y8/6	2.5Y8/6	7.5YR6/4	7.5YR6/4	<input type="checkbox"/>
4 November	2.5Y8/6	7.5YR6/4	7.5YR6/4	fallen	<input type="checkbox"/>
6 November	2.5Y8/6	7.5YR6/4	7.5YR6/4		<input type="checkbox"/>
11 November	7.5YR6/4	7.5YR6/4	7.5YR6/4		<input type="checkbox"/>
14 November	7.5YR6/4	7.5YR6/4	7.5YR6/4		<input type="checkbox"/>
17 November	7.5YR6/4	fallen	7.5YR6/4		<input type="checkbox"/>
22 November	7.5YR6/4		fallen		<input type="checkbox"/>
29 November	7.5YR6/4				<input type="checkbox"/>
2 December	Snow covered				<input type="checkbox"/>
					<input type="checkbox"/>

観察結果を GLOBE の報告したら、生育開始観察データシートの最後の欄にレ印をつける。

生徒用参考資料

科学的根拠

生育中の植物は光合成のために、大気中の二酸化炭素を用いている。大気からこの温室効果ガスを除去することによって、植物は私達の惑星の気候において重要な役割を演じている。年間のほんの一部である生育期間中に植物は光合成をすることによって二酸化炭素を除去する。落葉植物は生育期間の始めに新しい葉を出して、生育の終りに葉を落とす。これらの植物は生育を始め、そして終える。緑被の波は生育期間の始まりと終りに人工衛星によって観察される。

人工衛星のセンサーで検知される緑被率は地球レベルで二酸化炭素量の変動を研究している科学者にとって重要である。緑被率は野火の危険を地図化する科学者や管理者の利用にとっても、緑被のレベルに関連するカリブーや水鳥のような野生生物の移動を研究するためにも重要である。その上、光合成をする植物は、気温、湿度、土壤水分、および流水水文に明らかに影響するほどの水を蒸散する。

人工衛星のみが大陸を越えて植物の生育停止時期の推定を科学者に提供する。この推定には多くの問題がある。たとえば、ある人工衛星のデータは人工衛星のセンサーで検知される緑被率を減少させる雲やエーロゾルによって正確ではないことがある。植物が生育しているところ、および生育を停止しつつあるところを観察するために科学者が週に2回地球中を旅して回るには時間も費用もかかりすぎる。GLOBE学校はすでに世界中にあり、生育停止の重要な観測ができるので、科学者のために大きな手助けができる。

総合的な問題

植物の生育が停止した後に、どのような動物が移住するのか。それはいつか、なぜか。

あなたの地域の高いところで生育停止の日時はより早く起こるのか、あるいは遅いか。それはなぜか。

あなたの地域の内陸部あるいは海岸に近いところで生育停止の日時はより早く起こるのか、遅いか。それはなぜか。

落葉は、土壤の色、保水量、土壤栄養のような土壤の性質にどのような影響を与えるのか。どのように見つけられるのか。なぜこのことは重要なのか。

樹木と灌木の生育停止観測プロトコル

野外ガイド

作業：

樹木か灌木で生育停止を観察し記録する。

必要なもの：

第1回目にのみ必要

- 生育停止データシート 鉛筆かペン カメラ
 コンパス 先細の消えないマーカー^ー
 GLOBE植物カラーガイド

いつも必要

- 生育停止データシート 鉛筆かペン
 GLOBE植物カラーガイド

野外にて：

最初にだけ必要

1. あなたのデータシートの上欄を記入する。
2. 枝の先端の葉を確認する。この葉の茎か葉柄横の枝上に1点をマークしてこの葉を標識する。この端末葉に最も近い他の3葉の位置を確認する。3. 枝の上で、これらの葉茎の横に2、3、4の点をマークしてこれらの葉を標識する。
4. 観察場所の中央から東西南北の方向を見た写真をとる。

いつも必要

1. 4葉それぞれを調査する。それぞれの葉に対して、GLOBE植物カラーガイドを用いて葉の優位な色を評価する。たとえば、もし葉1が60%で5G7/12、40%で2.5Y8/10で色づいていたら、その観察日に対して5G7/12として葉色を記録すること。
2. 生育停止データシートに観察事項を記録する。
 - ・葉が雪に被われたら、「雪に被われた」と記録する。
 - ・落葉したら、「落葉」と記録してその後報告を止める。
 - ・さもなければ、葉色が変化を止めるまで報告し続けること。

イネ科草本植物の生育停止観測プロトコル

野外ガイド

作業：

草本植物の生育停止を観察し記録する。

必要なもの：

第1回目にのみ必要

- 生育停止観測データシート 鉛筆かペン カメラ
 コンパス 先細の消えないマーカー^ー
 GLOBE植物カラーガイド

いつも必要

- GLOBE植物色ガイド 鉛筆かペン
 生育停止観測データシート

野外にて：

最初にだけ必要

1. あなたのデータシートの上欄に記入する。
2. 4つの最も長い生育中の草本の芽を探す。
3. 草本の最も長い芽の基部に1点をしるす。第2に長い芽、第3に長い芽、第4に長い芽に順次、2、3、4点をしるす。
4. 東西南北方向の写真をとる。

いつも必要

1. 4枚の葉のそれぞれを計測する。それぞれの葉に対して、GLOBE植物カラーガイドを用いて、それぞれの葉の優位な色の百分率を推定する。たとえば、葉1が60%で5G7/12、40%で2.5Y8/10の色づきであつたら、観察した日時の葉色を5G7/12として記録する。
2. 生育停止観測データシートにそれぞれの葉の観察事項を記録する。
 - ・葉が雪に被われたら、「雪に被われた」と記録する。
 - ・落葉したら、「落葉」と記録してその後報告を止める。
 - ・さもなければ、葉色が変化を止めるまで報告し続けること。

付錄

1. 生育開始後用於農業土壤的氮肥量應考慮土壤的肥力。
2. 可能在土壤中間接地利用於農業。土壤的氮肥量應考慮土壤的肥力，同時作物的氮肥量也應考慮。
3. 土壤中間接地利用於農業。土壤的氮肥量應考慮土壤的肥力，同時作物的氮肥量也應考慮。

土壤的氮肥量應考慮土壤的肥力。

地球システム科学研究

フェノロジー観測場所の定義シート

学校名 :観察者名 :年月日 : _____ 1つをチェック : 新しい場所 データ更新研究場所の名前（特別な名前を付ける）: _____座標：緯度 : _____ 北 南経度 : _____ 東 西海拔 : _____ メーター場所データの出所: G P S その他

その他あれば、記入のこと:

最も近い大気観測場所 : A T M - _____観測場所までの距離: _____ メーター；場所の方向: 北、 北東、 東、 南東、 南、 南西、 西、 北西場所の種類: 大気研究場所、 量的被度あるいは生物学研究場所、 その他
その他あれば、記入のこと。

それぞれに樹木、灌木、あるいは草本に対して、次の情報を記入すること。

草本の種名はいらない。

樹木、灌木、あるいは草本の標識	
属名	
種名	
英名（和名）	

説明事項 :

說明事項（日付之說明）

第三章 長期の長期化

中興紀事

印譜圖書之序文回數：
西醫冊：

姓名：(姓名) _____

標物の学名：薔薇科

• 好迎你歸

子段名：辦公處所；PHN-1

五
四
三
二
一

新時代的大學生傳媒意識力——以《蘋果日報》為例

地球システム科学 イネ科草本の生育開始観測データシート

学校名 : _____ 研究場所 : PHN - _____

觀察者名：_____

植物の学名：属名 _____ (種名) : _____

英名 : _____ (和名) : _____

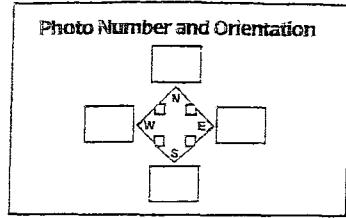
生育開始サイクルの回数：_____ 西暦年：_____

写真番号と方位

イネ科草本の生育開始

説明事項（日付と説明）：

地球システム科学



樹木／灌木とイネ科草本の生育停止観測データシート

学校名 : _____ 研究場所 : PHN - _____

觀察者名：

植物の学名：属名 _____ 種名： _____

英名 : _____ (和名) : _____

生育停止サイクルの回数：_____ 西暦年：_____

写真番号と方位

樹木と灌木の生育停止

説明事項（日付と説明）：